

### Литература

- Лозовик П.А., Платонов А.В. Определение региональных предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ на примере Карельского гидрографического региона // *Геоэкология*. 2005. № 6. С. 527-532.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.2. Карелия и Северо-Западная часть, 1972 г.
- Современное состояние поверхностных источников водоснабжения городов и населенных пунктов республики в связи с их охраной от загрязнения и истощения (оз.Пряжинское). Научн. отчет ОВП Карельского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1988. 30 с.
- Фрейндлинг В.А. Гидрологическая характеристика некоторых малых озер Южной Карелии // *Тр. Карельского филиала АН СССР. Петрозаводск*, 1960. Вып. 27. С. 60-90.

## РАЗВИТИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КАРЕЛИИ

П. А. Лозовик, А.В. Сабылина, Н.Н. Мартынова, А.В. Рыжаков

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

«Гидрохимия – наука, изучающая химический состав природных вод и его изменения во времени и пространстве в причинной взаимосвязи с химическими, физическими и биологическими процессами, протекающими как в воде, так и в окружающей среде» [Зенин, Белоусова, 1988]. В системе наук о Земле гидрохимия является частью более обширной науки о химии земной коры – геохимии, а также частью комплекса дисциплин о гидросфере – гидрологии. В зависимости от объекта исследования ее подразделяют на химию поверхностных, подземных, морских вод, атмосферных осадков, ледников и других объектов гидросферы.

Систематические исследования поверхностных вод Карелии были начаты в 50-х годах с момента создания лаборатории гидрохимии в Карельском филиале АН СССР (1951 г.). Первые работы проводились в целях рационального использования водных ресурсов в народном хозяйстве и для получения общих сведений о химическом составе воды. В частности, были проведены сезонные исследования озерно-речных систем Северо-Восточного и Северного Приладожья, бассейнов рек Шуи, Суны, Поморского, Карельского и Лямецкого побережий, а также ряда рек северо-восточного побережья Белого моря [Харкевич, 1956, 1964; Максимова, 1959]. Это позволило установить особенности поверхностных вод Карелии, а в дальнейшем появился даже термин «Карельский тип вод». К химическим особенностям поверхностных вод Карелии относятся очень низкая минерализация воды, высокое содержание органических веществ, железа, марганца при незначительном количестве биогенных элементов и фторидов, а в более 10% объектов отмечается кислая реакция среды ( $\text{pH} \leq 5.0$ ). Во многих объектах наблюдается постоянный дефицит кислорода и  $\text{CO}_2$  по сравнению с равновесным распределением газов в воде в соответствии с ее температурой и законом Генри. В целом поверхностные воды Карелии являются ярким представителем вод гумидной зоны [Харкевич, 1991; Лозовик и др., 1991; Мартынова, 2003].

Развитие промышленности в Карелии, прежде всего целлюлозно-бумажной, привело к существенному загрязнению ряда водных объектов. В этой связи в 60-е годы лабораторией гидрохимии одной из первых в стране были начаты исследования загрязнения водоемов под действием промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. В дальнейшем эти работы были распространены на такой вид хозяйственной деятельности, как мелиорация земель. Детально были исследованы водоемы, загрязненные сточными водами целлюлозно-бумажных комбинатов (Сегежского, Кондопожского, Архангельского, Соломбальского, Котласского), Питкярантского ЦБЗ, Суоярвской картонной фабрики и других промышленных предприятий городов и населенных пунктов [Харкевич, 1970, 1978; Маслова, 1969, 1970]. Определено и подсчитано количество и состав выносимых сточными водами минеральных и органических веществ, в том числе отдельных загрязняющих (летучие фенолы, смолистые вещества, лигносульфонаты, меркаптаны и др.), оценено их влияние на гидрохимический режим водоемов, выделены зоны загрязнения [Пирожкова, 1985]. В 1981–1986 гг. детально изучался вынос веществ в водоемы и водотоки со сточными водами сельхозугодий, живот-

новодческих комплексов и мелиорированных земель [Курапцева, 1985]. Показано, что наиболее пагубно это влияние сказывается на малые водотоки, зачастую являющиеся местом нерестилища ценных пород рыб. Для больших рек влияние мелиорации на качество их вод проявлялось локально, главным образом в период весеннего половодья. На примере оз. Исопюярви и других малых водоемов, в бассейне которых проведена лесная мелиорация, установлено, что в водоемах-приемниках дренажных вод происходит наиболее существенное увеличение содержания железа (в 2–5 раз), органических веществ (до 2-х раз), при этом также повышается величина рН, минерализация воды и трофность водоема [Поверхностные воды..., 1991].

В 70-е годы лаборатория всецело занималась вопросами территориального перераспределения стока. В частности, изучался состав и качество воды Онежского озера, Ковдозера, Пяозера, Топозера, Выгозерского водохранилища, Сегозера и Ондозера, рек Кеми, Н. Выг и притоков Белого моря и рассматривалась возможность переброски части стока северных рек Карелии в Волгу по трассе ББВП через Онежское озеро [Современный режим..., 1989]. В результате выполненных прогнозных оценок была показана нецелесообразность использования Онежского озера для трассы переброски. В дальнейшем разработка этой проблемы в стране была прекращена по постановлению Правительства СССР.

Из крупных региональных работ следует выделить исследования вод района Костомукши до и после введения в строй Костомукшского ГОКа, Выгозерского водохранилища в различные периоды функционирования Сегежского ЦБК и Онежского озера, заонежской группы озер в связи с планируемой разработкой уран-ванадиевого месторождения.

Очень важный комплекс работ был проведен в районе Костомукши, который охватывает 3 периода: до строительства города и комбината (1970–1976 гг.), наращивание мощности комбината и функционирование города (1982–1993 гг.), аварийные сбросы воды из хвостохранилища Костомукшского ГОКа (1994–2004 гг.). Первые исследования позволили оценить качество и состояние поверхностных вод и донных отложений озер района Костомукши до разработки железорудного месторождения. Эти материалы были обобщены в монографии «Природные воды района Костомукшского железорудного месторождения» [1985]. Во второй период установлены изменения в химическом составе воды, которые произошли в системе реки Контолки под влиянием сброса хозяйственных сточных вод города и в оз. Костомукшском, преобразованном в хвостохранилище, а также и в системе р. Кенти под влиянием фильтрационных вод хвостохранилища и обводных каналов [Морозов, 1998; Феоктистов, 1992]. Кроме того, были разработаны регламент очистки воды хвостохранилища от взвешенных веществ, железа и нефтепродуктов и режим попусков из него воды [Феоктистов, Сало, 1990].

С 1994 г. ежегодно осуществляются регулируемые попуски воды из хвостохранилища до достижения величины ПДК по калию в контрольном створе. Исследованиями, проведенными в этот период, установлено изменение химического состава воды системы р. Кенти, которое прежде всего выражается в увеличении минерализации, содержания калия, лития, нитратов и органического азота. Особенно существенно оно в верхних озерах системы Окуневом и Поппалиярви и значимы для нижних – Койвас и Кенто. Для оз. Ср.Куйто последствия сбросов на качество его воды сказываются мало [Лозовик и др., 2001].

Значительный объем гидрохимических исследований выполнен на Выгозерском водохранилище и р. Н.Выг в 1969–1975 гг. – до ввода в действие станции биологической очистки (СБО) сточных вод Сегежского ЦБК, в 1976–1982-м – ввод в строй очистных сооружений и вывод СБО на проектные показатели, в 1983–1991-м – работа СБО в проектном режиме, а с 1992 г. – резкое сокращение производства на комбинате. Благодаря этим работам удалось выявить распространение сточных вод в Выгозере [Харкевич, 1978] и р. Н. Выг, оценить эффективность их очистки, определить уровень допустимой антропогенной нагрузки на водоем и реакцию экосистемы на антропогенное воздействие для различных периодов функционирования комбината [Изменение режима..., 1989].

Начиная с 1975 г. в рамках комплексных тем института лаборатория приступила к исследованию Онежского озера. В результате выполненных в 1975–1990 гг. работ получены сведения по гидрохимическому режиму озера и отдельных его заливов и губ, роли речного стока, атмосферных

осадков, сточных вод и внутриводоемных процессов в формировании химического состава их воды. Материалы этих наблюдений обобщены в монографии «Экосистема Онежского озера в условиях антропогенного воздействия» [Пирожкова, 1990].

Последующий период (1992–2004 гг.) характеризуется более детальным исследованием антропогенного влияния на экосистему озера, выявлению связи между уровнем антропогенной нагрузки и состоянием его заливов и губ. Установлено, что наибольшее влияние на озеро оказывают точечные источники загрязнения (Петрозаводский, Кондопожский и Медвежьегорский промышленные центры), а также сток р. Шуи, испытывающей значительное воздействие рассеянной нагрузки. Это приводит к антропогенному эвтрофированию в целом озера и загрязнению Кондопожской губы и Большой губы Повенецкого залива. При этом на центральную часть озера оказывают существенное воздействие сточные воды г. Петрозаводска и речных вод Шуи, тогда как сточные воды Кондопоги и Медвежьегорска больше локализованы в заливах [Сабылина, 1999].

Начиная с 1992 г. и по настоящее время лаборатория принимает активное участие в реализации программы государственного мониторинга поверхностных водных объектов и проводит наблюдения на водоемах, подверженных наибольшему антропогенному воздействию. В этой связи наиболее детально исследованы Онежское озеро, северная часть Ладожского озера и ее притоки, северное Выгозеро и р. Н. Выг, водоемы района Костомукши, оз. Ср. Куйто, озера Суоярви, Исопюхярви, Крошнозеро, Пряжинское, Святозеро, Сямозеро, притоки Белого моря, Кончезерская, Нижнесунская и Заонежская группа озер. По материалам мониторинговых наблюдений дана оценка качества воды, трофического состояния и степени загрязнения водных объектов с использованием фоновых региональных показателей и критерия ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Предложены рекомендации по охране водных объектов от загрязнения [Современное состояние..., 1998; Экологические проблемы..., 2005].

В деятельности лаборатории уделяется постоянное внимание вопросам формирования химического состава воды, а в последние годы – нормированию антропогенной нагрузки на водные объекты. В этом направлении выявлена роль атмосферных осадков, водосборной территории и внутриводоемных процессов в формировании химического состава воды, а также предложены методы оценки критических нагрузок при закислении вод, минеральном, органическом и токсическом загрязнении вод и их эвтрофировании с учетом региональной специфики вод [Органическое вещество ..., 1985; Лозовик, Платонов, 2005; Лозовик, Потапова, 2006; Лозовик и др., 2005; Рыжаков и др., 2002].

Немаловажным аспектом в деятельности лаборатории является совершенствование методов аналитического контроля качества воды и методов полевых исследований. За более чем 50-летний период произошла смена до 3 поколений методов. Лаборатория имеет аккредитацию Госстандарта России и ежегодно принимает участие в международном проекте «ICP-Waters» по сравнению результатов анализа [Intercomparison..., 1999–2003]. В настоящее время лаборатория располагает современными аналитическими приборами (атомно-абсорбционными спектрометрами, спектрофотометрами, ионным хроматографом, рНметрами, аналитическими весами, ионселективными электродами и др.), компьютерной техникой, специалистами высокой квалификации, что позволяет проводить научные исследования на должном уровне.

Говоря об исследованиях поверхностных вод Карелии, нельзя не вспомнить многих сотрудников, которые принимали в них активное участие. Прежде всего в становлении и развитии лаборатории огромную роль сыграла Н.С. Харкевич, заслуженный деятель науки Карелии. По праву можно отнести к классикам отечественной гидрохимии Н.П. Маслову, Г.П. Пирожкову, внесших достойный вклад в развитие гидрохимии в Карелии. Надеемся, что эстафета гидрохимических исследований будет подхвачена молодым поколением гидрохимиков.

### Литература

- Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. Л., 1988. С. 54.  
Курапцева С.В. Качество поверхностных вод // Водное хозяйство Карельского Приладожья. Петрозаводск, 1985. С. 22–35.  
Изменение режима Северного Выгозера и р. Н. Выг под действием сточных вод Сеgezского ЦБК и допустимый объем их сброса. Петрозаводск, 1986. 36 с.

- Лозовик П.А., Сабылина А.В., Коваленко В.Н. и др. Гидрохимическая характеристика малых озер Карелии // Антропогенные изменения экосистем малых озер. СПб., 1991. С. 34–37.
- Лозовик П.А., Маркканен С.-Л., Морозов А.К. и др. Поверхностные воды Калевальского района и территории Костомукши в условиях антропогенного воздействия. Петрозаводск, 2001. 168 с.
- Лозовик П.А., Платонов А.В. Определение региональных предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ на примере Карельского гидрографического района // Геоэкология. 2005. № 6. С. 527–532.
- Лозовик П.А., Басов М. И., Литвиненко А.В. Оценка поступления химических веществ с водосборов рек на территории Карелии // Водные ресурсы. 2005. Т. 32, № 5. С. 584–588.
- Лозовик П. А., Потапова И. Ю. Поступление химических веществ с атмосферными осадками на территории Карелии // Водные ресурсы. 2006. Т. 33, № 1. С. 111–118.
- Максимова М.П. Органический углерод и окисляемость в водах Белого моря // Изв. Карельского и Кольского филиалов АН СССР. Петрозаводск, 1959. С. 71–74.
- Маслова Н.П. Характеристика сточных вод Кондопожского целлюлозно-бумажного комбината и их влияние на химический состав воды Кондопожского залива Онежского озера // Вопросы гидрологии, озераведения и водного хозяйства Карелии. Петрозаводск, 1969. С. 112–147.
- Маслова Н.П. Влияние сточных вод картонной фабрики на химический состав воды озера Суоярви // Водные ресурсы Карелии и пути их использования. Петрозаводск, 1970. С. 60–86.
- Мартынова Н.Н., Лозовик П.А. Большие и малые озера Пудожского района // Водная среда Карелии: исследование, использование и охрана. Петрозаводск, 2003. С. 9–16. .
- Морозов А.К. Водоёмы района Костомукши. Химический состав воды // Современное состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1992-1997 гг. Петрозаводск, 1998. С. 129–133.
- Органическое вещество и биогенные элементы в водах Карелии. Петрозаводск, 1985. 214 с.
- Пирожкова Г.П. Источники формирования химического состава воды Кондопожской губы Онежского озера // Лимнология Кондопожской губы Онежского озера. Петрозаводск, 1985. С. 47–63.
- Пирожкова Г.П. Гидрохимический режим озера и его изменение под влиянием антропогенного воздействия // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л, 1990. С. 95–146.
- Пирожкова Г.П. Химический состав приточных вод бассейна Онежского озера // Притоки Онежского озера. Петрозаводск, 1990. С. 4–37.
- Поверхностные воды озерно-речной системы Шуи в условиях антропогенного воздействия (отв. редакторы П.А. Лозовик, В.А. Фрейндлинг). Петрозаводск, 1991. 211 с.
- Рыжаков А.В., Лозовик П.А. Влияние степени гумусности и кислотности озер Карелии на содержание основных форм азотистых соединений // Экоаналитический контроль природных объектов Карелии. Петрозаводск, 2002. С. 121–126.
- Рыжаков А.В., Лозовик П.А., Куринная А.А. Биохимическая трансформация некоторых азотсодержащих органических соединений в природной воде // Экологическая химия. 2002. Т. 11. Вып. 4. С. 217–240.
- Сабылина А.В. Современный гидрохимический режим озера // Онежское озеро. Экологические проблемы. Петрозаводск, 1999. С. 58–108.
- Современный режим природных вод бассейна р. Кеми / Под ред. В.А. Фрейндлинга. Петрозаводск, 1989. 225 с.
- Современное состояние водных объектов республики Карелия. По результатам мониторинга в 1992–1997 гг. Петрозаводск, 1998. 188 с.
- Феоктистов В.М., Тимакова Т.М., Калугин А.И. Влияние Костомукшского ГОКа на водную систему Кенти-Кенто // Водные ресурсы Карелии и экология. Петрозаводск, 1992. С. 63–78.
- Феоктистов В.М., Сало Ю.А. Режим эксплуатации хвостохранилища Костомукшского ГОКа: Практик. реком. Петрозаводск, 1990. 42 с.
- Харкевич Н.С. Гидрохимическая характеристика Миккельского озера и Крошнозера // Тр. Карельского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1956. Вып. 2. С. 56–88.
- Харкевич Н. С. Сток растворенных веществ рек северного и северо-восточного побережий Ладожского озера // Материалы по гидрологии (лимнологии) Карелии. Петрозаводск, 1964. Вып. 36. С. 3–98.
- Харкевич Н.С. Влияние сточных вод Сегежского целлюлозно-бумажного комбината на химический состав и качество воды р. Сегежи и Выгозера // Вопросы гидрологии озераведения и водного хозяйства Карелии. Петрозаводск, 1969. С. 30–59.
- Харкевич Н.С. Естественный гидрохимический режим озера Суоярви и направленность его изменения под влиянием сточных вод // Водные ресурсы Карелии и пути их использования. Петрозаводск, 1970. С. 28–60.

Харкевич Н.С. Характеристика химического состава и качества воды Выгозерского водохранилища // Водные ресурсы Карелии и их использование. Петрозаводск, 1978. С. 107–150.

Харкевич Н.С. Гидрохимия Кончезерской группы озер – уникальных водных объектов Карелии. Петрозаводск, 1991. 126 с.

Экологические проблемы освоения месторождения Средняя Падма. Петрозаводск, 2005. 110 с.

Intercomparison 9913: pH,  $\chi_{25}$ , HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, Ca, Mg, Na, K, total aluminium, aluminium-reactive and nonlabile, TOC and COD-Mn // ICP-Waters report 51/1999. Niva, 1999. 65 p.

Intercomparison 0014: pH, Cond, HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, Ca, Mg, Na, K, total aluminium, aluminium-reactive and nonlabile, TOC, COD-Mn, Fe, Mn, Cd, Pb, Cu, Ni and Zn // ICP-Waters report 55/2000. Niva, 2000. 80 p.

Intercomparison 0115: pH,  $\chi_{25}$ , HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, Ca, Mg, Na, K, total aluminium, aluminium-reactive and nonlabile, TOC, COD-Mn, Fe, Mn, Cd, Pb, Cu, Ni and Zn // ICP-Waters report 64/2001. Niva, 2001. 81 p.

Intercomparison 0317: pH,  $\chi_{25}$ , HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Cd, Pb, Cu, Ni and Zn // ICP-Waters report 68/2002. Niva, 2002. 69 p.

Intercomparison 0216: pH,  $\chi_{25}$ , HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Cd, Pb, Cu, Ni and Zn // ICP-Waters report 74/2003. Niva, 2003. 69 p.

## ХИМИЧЕСКИЙ БАЛАНС ОЗЕРА ПРЯЖИНСКОЕ

А.В. Петрова, П.А. Лозовик

*Карельский государственный педагогический университет  
Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

### Введение

Формирование химического состава любого водоема происходит в результате внешнего поступления вещества в озеро с атмосферными осадками, поверхностным и подземным стоками, а также в результате внутриводоемных процессов (продукции, деструкции, седиментации и диффузии из донных отложений) и антропогенного влияния. Для оценки вклада различных источников в состав воды озера наиболее часто используют методы химического баланса, т.е. рассчитывают количество вещества, поступающего от каждого внешнего источника, и сравнивают его с выносом из озера. Получаемая невязка баланса свидетельствует о роли внутриводоемных процессов в трансформации вещества в озере.

Для оценки химического баланса озера требуются сведения по его водному балансу, по содержанию веществ в притоках, подземных водах, атмосферных осадках и в истоке из озера. Непосредственно для оз. Пряжинское использовались данные многолетнего водного баланса, полученные Ю.В. Голомах, Ю.А. Сало [2006]. Для расчета приходной части баланса с поверхностным притоком учитывались в основном показатели 1987 г., а с подземным стоком – 2005 г. наблюдений. Летне-осенний сезон 2005 г. характеризовался очень низкой водностью и многие водотоки, в том числе и основной приток озера – руч. Дегенес, перешли на подземное питание, как следствие этого химические показатели в ручье существенно отличались от ранее наблюдаемых, тогда как в самом озере их изменение не было столь контрастным. Поступление веществ с атмосферными осадками, выпадающими на поверхность озера, было рассчитано по составу осадков Южной Карелии с использованием литературных сведений [Лозовик, Потапова, 2006]. Указанные выше обстоятельства не позволяют получить точные сведения по химическому балансу оз. Пряжинское, но в то же время его элементы дают возможность судить о поступлении веществ в озеро от различных источников и выявить внутриводоемную трансформацию лабильных соединений.